پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۱۳۶-۱۲۲، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 122-136 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.76502

ارزیابی دامنه صفات زراعی نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم در مناطق سرد کشور

داود صادق‌زاده اهری[1]، ولی فیضی اصل[2]*، همایون کانونی[3] و علی سعید[4]

۱- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران، دکتری رشته تحصیلی باغبانی؛ dsadeghzade@yahoo.com

۲- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران، دکتری رشته تحصیلی خاک شناسی گرایش حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه؛ vfeiziasl@yahoo.com

۳- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران، دکتری رشته تحصیلی زراعت؛ hh5071@yahoo.com

۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران، دکتری رشته تحصیلی زراعت؛ sdalisaeid@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸

چکیده

معرفی ارقام سازگار با مناطق مختلف و دارای صفات برجسته زراعی از اهم اولویت‌های به‌نژادگران نخود دیم به‌شمار می‌آید. برای تعیین حد و حدود بهینه صفات زراعی نخود دیم، بانک اطلاعاتی با بیش از ۸۰۰۰ ژنوتیپ از ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم مناطق سرد (مراغه، کردستان، زنجان، ارومیه و اردبیل) به مدت ۲۰ سال (۱۳۹۵-۱۳۷۵) جمع آوری شد. حد و حدود بهینه تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پُرشدن دانه، ارتفاع بوته و وزن۱۰۰دانه با استفاده از روش‌های خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا تعیین شد. نتایج نشان داد حد بهینه ارتفاع گیاه، وزن۱۰۰دانه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پُرشدن دانه با خطوط مرزی به‌ترتیب ۲۹/۸ سانتی‌متر، ۳۴/۰ گرم، ۵۶/۲ روز برای کشت بهاری و ۸۹/۲ روز برای کشت پاییزی، ۸۹/۴ برای کشت بهاری و ۱۲۰/۸ روز برای کشت پاییزی و ۳۳/۱ روز و با روش میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا به‌ترتیب ۳۰/۲ سانتی‌متر، ۳۶/۰ گرم، ۷۵/۶ روز، ۱۰۸/۸ روز و ۳۷/۷ روز می‌باشد. برای صفت وزن۱۰۰دانه و ارتفاع گیاه تفاوت دو روش، کم اما برای سه صفت دیگر تاحدودی زیاد بود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مهم‌ترین صفات را برای گزینش ارقام نخود دیم، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و در مرتبه بعد ارتفاع گیاه تشخیص داد. با توجه به دقت بالا در برآورد حد و حدود بهینه صفات و انطباق بیشتر نتایج آن با ارقام معرفی‌شده، استفاده از خطوط مرزی مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، حد بهینه صفات، خطوط مرزی، صفات گیاهی

مقدمه

حبوبات نقش مهمی را در تأمین نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کند و در بین حبوبات به لحاظ اهمیت غذایی، نخود (*Cicer arietinum* L.) سومین محصول جهانی است که در ۴۸ کشور با سطحی بیش از ۱۲/۱۱میلیون هکتار و تولید بیش از هشت میلیون تن در سال کشت می‌شود (Rezaeinia *et al.*, 2017). نخود اصلی‌ترین گیاه زراعی متعلق به خانواده حبوبات در کشور است که به عنوان یک منبع باارزش از نظر تأمین پروتئین گیاهی از سطح زیرکشت نسبتاً وسیعی (حدود ۶۰۰ هزار هکتار) در ایران برخوردار است (Sadeghzadeh- a Ahari, 2016). این محصول با دارابودن حدود ۲۰ درصد پروتئین خام و ۶۰-۵۰ درصد کربوهیدرات به عنوان یک جزء غذایی مهم در کشورهای توسعه‌یافته مطرح است (Amini *et al.*, 2017). با وجود سازگاری نسبی برخی از گیاهان خانواده حبوبات با محیط‌های کم‌آب ایران، متأسفانه ظرفیت تولید آن‌ها تحت این شرایط پایین است. برای مثال، یک شکاف عمیق بین پتانسیل تولید (پنج تن در هکتار) و تولید واقعی (۰/۸ تن در هکتار) در نخود وجود دارد (Rezaeinia *et al.*, 2017). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عواملی است که منجر به کاهش عملکرد نخود در شرایط دیم می‌شود. اگرچه اعداد مختلفی برای عملکرد نخود در شرایط دیم و آبیاری در ایران وجود دارد، اما اغلب پژوهش‌ها نشان داده که به طور متوسط ۶۸ درصد

*نویسنده مسئول: vfeiziasl@yahoo.com

عملکرد دانه این گیاه در شرایط دیم نسبت به شرایط فاریاب کاهش می‌یابد (Moosavi *et al*., 2017). محققان (Rezvani Moghaddam & Sadeghi Samarjan, 2008) گزارش کردند که متوسط عملکرد نخود در شرایط فاریاب و دیم ایران به‌ترتیب ۲۷۶۶ و ۹۰۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

به‌نژادگران و فیزیولوژیست‌های گیاهان زراعی بر این عقیده‌اند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار به مناطق خشک و نیمه‌خشک، نخست باید صفاتی را که تحت شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثرند، شناخت و سپس آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (Kanouni, 2003)، زیرا صفات مورفولوژیک به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه‌گیری بوده و در مقایسه با عملکرد دانه وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارند. از این‌رو، انتخاب بر اساس این صفات، راه مطمئن و سریعی برای غربال جمعیت اصلاحی و بهبود عملکرد می‌باشد (Ebrahimi *et al*., 2016). با این نگرش، در مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) تعدادی لاین جدید با مقاومت چندگانه به خشکی، برق‌زدگی و سرما اصلاح و معرفی شده است. در این روش، تأکید خاصی بر گزینش گیاهان زودرس یا نتاج آن‌ها شده است، چرا که همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد روز تا گلدهی و عملکرد نخود دیم حاکی از حضور صفت فرار از خشکی در آن است (Kanouni, 2003). بررسی ژنوتیپ‌های بومی نخود مناطق سرد کشور نشان داد تنوع کمتری از لحاظ ارتفاع بوته و تنوع بیشتری در عملکرد تک‌بوته و عملکرد زیست توده وجود دارد (Sadeghzadeh-Ahari, 2014). Khodashenas *et al*, (2017) واکنش ارقام اصلاح‌شده و توده‌های محلی نخود دیم را به تاریخ کاشت و تراکم بذر در منطقه مشهد مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که وزن۱۰۰دانه نخود یکی از عوامل مهم و تأثیرپذیر از تاریخ کاشت این محصول می‌باشد و همچنین گزارش شد که تراکم بذر تأثیر قابل‌توجهی بر صفات مورد ارزیابی در پژوهش مذکور داشت.

از یک دیدگاه، به‌نژادی را می‌توان علم و هنر انتخاب بهترین‌ها در جامعه اصلاحی تعریف کرد و به منظور دستیابی به این هدف، باید جامعه مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی دارای تنوع مطلوب باشد و آگاهی از این تنوع خود نیازمند ارزیابی ژرم‌پلاسم مورد مطالعه می‌باشد (Ebrahimi *et al*., 2016). اگرچه انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب در شرایط مختلف بر مبنای اجزای عملکرد از دیرباز مرسوم بوده است، اما استفاده از شاخص‌های انتخاب که شامل مجموعه‌ای از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری گیاه است، راهنمای مناسبی در پی‌بردن به ارزش ژنتیکی یک ژنوتیپ می‌باشد (Feiziasl *et al*., 2010). لزوم استفاده از صفات گیاهی در انتخاب ارقام مطلوب برای شرایط مختلف، مستلزم شناخت حد مطلوب و دامنه بهینه این صفات در شرایط مربوطه می‌باشد. یکی از روش‌های تعیین این حدود، استفاده از خطوط مرزی[1] و شاخص تعادل خصوصیات گیاهی[2] است که Feiziasl *et al*, (2003) این روش را برای اولین بار با موفقیت در تعیین حد و حدود بهینه صفات گیاهی به‌کار بردند. در این روش، نقاط پراکنش بین صفت به عنوان متغیر مستقل و پاسخ گیاه، به عنوان متغیر وابسته با استفاده از خطوطی محصور می‌شود که تحت عنوان خطوط مرزی از آن نام برده می‌شود و طول محل تلاقی دو خط مرزی سمت راست و چپ بانک اطلاعات به عنوان حد بهینه صفت تعیین می‌گردد (Walworth *et al*., 1986). با توجه به این‌که رابطه واقعی بین صفات گیاهی با عملکرد گیاهان زراعی اغلب از نوع درجه دوم و یا سیگموئیدی[3] می‌باشد و بعد از محدوده خاصی، افزایش صفات منجر به افت عملکرد می‌شود، لذا شناخت محدوده مناسب صفات مؤثر بر عملکرد اقتصادی گیاه، یکی از ضرورت‌های اساسی اصلاح‌گران نبات در انتخاب ژنوتیپ‌ها و ارقام مناسب می‌باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا، حد بهینه و دامنه مطلوب صفات مورفوفیزیوژیکی ژنوتیپ‌های نخود دیم در مناطق سرد کشور تعیین و از تلفیق این صفات علاوه بر معرفی ویژگی‌های مناسب برای ارقام مورد معرفی نخود در این مناطق، وضعیت ارقام معرفی‌شده نخود دیم نیز مورد آزمون قرار گرفت. اطلاعات حاصل از این پژوهش می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در کشت‌های پاییزه و بهاره نخود مورد استفاده اصلاح‌گران در مناطق سردسیر دیم قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

الف) جمع‌آوری بانک اطلاعاتی

به منظور تعیین حد مطلوب و دامنه بهینه صفات زراعی نخود دیم در شرایط سرد و نیمه‌سرد کشور، صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پُرشدن دانه، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه، بانک اطلاعاتی گسترده‌ای با بیش از ۸۰۰۰ ژنوتیپ در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم در اقلیم سرد (مراغه، کردستان، زنجان، ارومیه و اردبیل) به مدت ۲۰ سال (۱۳۹۵-۱۳۷۵)

۱. Boundary lines
2. Crop properties balance index (CPBI)
3. *Sigmoid*

جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که مبنای محاسبات در کشت‌های پاییزه برای دو صفت تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در تمامی ایستگاه‌های تحقیقاتی بدون لحاظ روزهای یخبندان (به‌طور متوسط ۱۰۰ روز در سال) می‌باشد.

ب) ترسیم نقاط پراکنش بین صفات و عملکرد دانه

رابطه بین هر صفت جداگانه با عملکرد دانه به‌صورت نقاط پراکنش با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد. سپس حداکثر محدودیت هر صفت با استفاده از خطوط مرزی تعیین شد. برای این منظور نقاط پراکنش موجود در هر شکل با استفاده از دو خط رگرسیونی محصور شد، به نحوی که یکی از خطوط رگرسیونی در سمت چپ هر شکل و دیگری در سمت راست قرار گرفت. محل تلاقی این دو خط، نشان‌دهنده رفع تمامی محدودیت‌ها در شرایط آزمایش و رسیدن به حداکثر عملکرد می‌باشد. این دو خط رگرسیونی خطوط مرزی نامیده می‌شوند. برای تعیین دقیق معادلات خطوط مرزی مربوط به هر صفت گیاهی، ابتدا تمامی داده‌های آن صفت با درنظرگرفتن عملکرد دانه توسط نرم‌افزار Excel به صورت صعودی (متغیر وابسته یا عملکرد دانه) مرتب شد. سپس کل داده‌ها به گروه های ۲۰تایی تقسیم شدند. در هر گروه ۲۰تایی حداکثر عملکرد دانه به همراه ارزش صفت مربوطه به صورت زوج‌مرتبه در یک جدول تنظیم شد. در برازش معادله رگرسیونی مربوط به سمت چپ هر شکل (بخش صعودی) از زوج‌مرتبه‌هایی استفاده شد که عملکرد دانه و ارزش صفت آن‌ها در مقایسه با گروه قبلی (گروه ۲۰تایی) افزایشی بودند. برای برازش معادله رگرسیونی سمت راست هر شکل (بخش نزولی) بر عکس حالت قبلی عمل شد. معادلات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert1.4 برازش شد (Feiziasl *et al*., 2010).

ج) تعیین حد و حدود بهینه صفات گیاهی

برای این منظور از دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا استفاده شد. در روش خطوط مرزی، حد بهینه هر صفت گیاهی (متغیر مستقل) محل تلاقی عمود رسم شده از حداکثر منحنی (محل تلاقی دو خط مرزی) با محور Xها می‌باشد که امکان دستیابی به حداکثر عملکرد در آن نقطه وجود دارد. به منظور تعیین حدود بهینه هر صفت گیاهی، عملکرد دانه در هر شکل به دو گروه دارای عملکرد پایین و بالا تقسیم شد. این گروه‌بندی معمولاً اختیاری است و بر اساس عرف رایج انجام می‌گیرد. در این پژوهش، مبنای تفکیک عملکردها به دو گره ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود، به طوری‌که عملکردهای بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار را عملکرد بالا و کمتر از آن به عنوان عملکردهای پایین برای نخود دیم نام‌گذاری شد. شرط این گروه‌بندی نرمال‌بودن داده های مربوط به عملکرد دانه در جامعه دارای عملکرد بالا و عضویت حداقل ۴۰ درصد از بانک اطلاعات در جامعه دارای عملکرد بالاست. حال با ترسیم خطی از عملکرد ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار به موازات صفت مربوطه در محور X، دو خط مرزی سمت چپ و راست قطع شدند که ارزش محور X این دو نقطه به عنوان حدود بهینه برای آن صفت درنظر گرفته شد (Feiziasl *et al*., 2003; Feiziasl *et al*., 2010).

در روش خطوط مرزی علاوه بر روش پیشین، پس از مرتب‌نمودن داده‌ها بر اساس نزولی (عملکرد دانه) از هر پنج داده متوالی میانگین‌گیری شد تا بدین طریق اولاً پراکندگی داده‌ها کاهش یابد و حجم داده‌ها به حدود یک پنجم (حدود ۱۶۰۰ داده) رسید. ثانیاً نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی با تعدیل داده‌های پرت با نتایج واقعی در شرایط ایستگاه‌های تحقیقاتی همخوانی داشته باشد. همانند روش خطوط مرزی برای این داده‌ها نیز خطوط رگرسیونی ترسیم و مورد بحث قرار گرفت.

در روش میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا همانند روش قبلی به صورت اختیاری عملکرد دانه به دو گروه کم و زیاد تقسیم شد. میانگین صفت گیاهی ($\bar{X}$) در جامعه دارای عملکرد بالا در هر شکل به عنوان حد بهینه آن صفت شناخته شد که در عمل این حد نماینده عملکردهایی است که توسط ژنوتیپ‌های برتر به‌دست‌آمده‌اند و با افزایش تعداد نمونه-ها در جامعه دارای عملکرد بالا مقدار حد بهینه تعیین شده به عدد ثابتی نزدیک‌تر می‌شود (Sumner, 1977). در این روش حدود بهینه هر صفت گیاهی با استفاده از انحراف معیار جامعه دارای عملکرد بالا از طریق رابطه X±SD برای آن صفت تعیین گردید.

در این پژوهش، روابط بین صفات در جامعه دارای عملکرد بالا و پایین به تفکیک، با استفاده از نرم‌افزار Xlstat2016 از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت خصوصیات گیاهی ارقام نخود معرفی شده در مناطق سردسیر دیم (آنا، سارال، ثمین و سعید) با حد و حدود بهینه صفات در بانک اطلاعاتی با هر دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری مقایسه و تفسیر شد.

نتایج و بحث

الف) حد و حدود بهینه صفات گیاهی

در بانک اطلاعاتی جمع‌آوری‌شده، ارتفاع گیاه برای ژنوتیپ‌ها در مناطق مورد مطالعه ۴۳-۱۰ سانتی‌متر بود (شکل

A۱). با استفاده از روش خطوط مرزی، حد مطلوب و دامنه بهینه صفات گیاهی در بانک اطلاعاتی با داده‌های خام و همچنین میانگین‌گیری از هر پنج داده متوالی تعیین گردید. نتایج نشان داد حد بهینه ارتفاع گیاه با داده‌های خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی با اختلاف ۰/۴ سانتی‌متر به‌ترتیب ۲۹/۸ و ۳۰/۲ سانتی‌متر (میانگین ۳۰ سانتی‌متر) می باشد. حدود بهینه این صفت در بانک از طریق داده‌های خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی به‌ترتیب ۴۱/۱-۲۰/۲ و ۳۲/۵-۲۵/۰ سانتی‌متر (به‌ترتیب با دامنه ۲۰/۹ و ۷/۵ سانتی متر) تعیین گردید (شکل A۱ و B). بر اساس بانک اطلاعاتی ۲۰ساله موجود در مناطق سرد کشور برای نخود دیم، ژنوتیپ‌ها و ارقامی با ارتفاع بوته نزدیک به ۳۰ سانتی‌متر بیشترین عملکرد دانه را در شرایط آزمایش‌های مزرعه‌ای تولید نمودند. همچنین ارقام و ژنوتیپ‌هایی با دامنه ارتفاع بوته حدود ۴۱-۲۰ سانتی‌متر، عملکرد دانه مطلوبی را در مقایسه با ارقام با ارتفاع کوتاه‌تر داشتند.

بررسی ارقام معرفی‌شده نخود دیم در مناطق سرد توسط مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور نشان می‌دهد که متوسط ارتفاع بوته ارقام آنا، سارال، سعید و ثمین به‌ترتیب ۳۶، ۲۸ ، ۳۲ و ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد (Kanouni *et al*., 2013; Saeed *et al*., 2017; Sabaghpour *et al*., 2017) که در مقایسه با حد مطلوب ارتفاع بوته، ۳/۳ سانتی‌متری (۲ تا ۴ سانتی‌متر) اختلاف دارد. اگرچه با افزایش تراکم بوته در واحد سطح و تاریخ کاشت زودهنگام نخود تاحدودی می‌توان باعث افزایش ارتفاع بوته شد، اما کاشت ارقام نخود پابلند در شرایط مزرعه‌ای نرمال از اهمیت زیادی برخوردار است (Majnoon Hosseini *et al*., 2003; Farnia & Moradi, 2015; Sadeghzadeh-Ahari, 2016a)، زیرا که ارتفاع بوته بیشتر علاوه بر نقش آن در امکان برداشت مکانیزه نخود (حداقل ارتفاع بوته مورد نیاز ۲۵ سانتی‌متر)، به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای افزایش اندام‌های رویشی و فتوسنتزی گیاه و همچنین اندام‌های ذخیره‌ای کربوهیدرات گیاه در شرایط دیم محسوب می‌شود (Sadeghzadeh-Ahari, 2016a).

از سوی دیگر، نتایج آزمایش‌های مختلف در شرایط متفاوت نشان می‌دهد که ارتفاع بوته نخود همبستگی مثبتی با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک این گیاه دارد (Kanouni, 2003; Kobraee *et al*., 2010; Mirzaei Heydari *et al*., 2011; Nasri *et al*., 2012).

از این‌رو، اهمیت ارتفاع گیاه در تعیین پتانسیل عملکرد گیاه تا حدی است که برخی از این صفت به عنوان یکی از مهم‌ترین صفات مورد استفاده در گزینش ارقام مناسب برای شرایط دیم و پیش‌بینی عملکرد دانه نام برده‌اند (Panda *et al*., 2015; Banik *et al*., 2017).

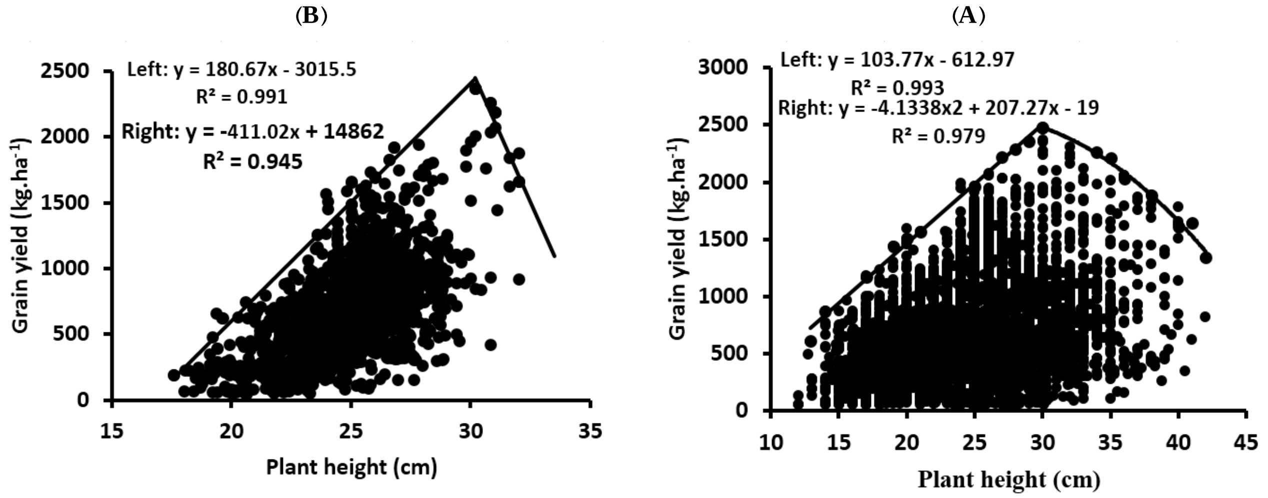
مقایسه دامنه بهینه برای ارتفاع بوته در دو روش داده خام و میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی نشان داد که در روش داده های خام، دامنه حدود سه مرتبه گسترده‌تر از روش میانگین-گیری از بانک اطلاعاتی است و این برای معرفی ارقام با تأکید بر ارتفاع بوته چندان مناسب نخواهد بود، لذا به نظر می‌رسد تعیین دامنه بهینه ارقام در دست معرفی نخود دیم برای مناطق سردسیر با تأکید بر ارتفاع گیاه با استفاده از روش میانگین-گیری از بانک اطلاعاتی مناسب‌تر از داده‌های خام باشد.

متوسط ارتفاع گیاه هر چهار رقم آنا، سارال، سعید و ثمین نیز در محدوده ۳۲/۵-۲۵/۰ قرار داشت و این امر قابل‌اطمینان بودن این دامنه را برای صفت ارتفاع بوته را نشان می‌دهد. در حالی که تفاوت چندانی بین حد مطلوب ارتفاع گیاه در دو روش داده‌های خام و میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی مشاهده نشد (شکل A۱ و B).

در بانک اطلاعاتی مورد بررسی، وزن۱۰۰دانه برای ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در ایستگاه‌های سردسیر دیم ۶۶/۴-۸/۹ گرم ثبت شده بود (شکل A۲). حد بهینه وزن۱۰۰دانه نخود دیم با داده‌های خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی به‌ترتیب ۳۴/۰ و ۳۶/۰ گرم (میانگین ۳۵ گرم) تعیین گردید که اعداد به‌دست‌آمده از این دو روش ۲ گرم تفاوت دارند.

حدود بهینه وزن۱۰۰دانه در این روش‌ها به‌ترتیب ۵۰/۵-۲۰/۱ و ۴۲/۰-۲۷/۰ گرم (به‌ترتیب با دامنه ۳۰/۴ و ۱۵/۰ گرم) بود که همانند صفت ارتفاع بوته، دامنه به‌دست‌آمده برای وزن۱۰۰دانه در داده‌های خام دو برابر گسترده‌تر از داده های میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی بود (شکل A۲ و B).

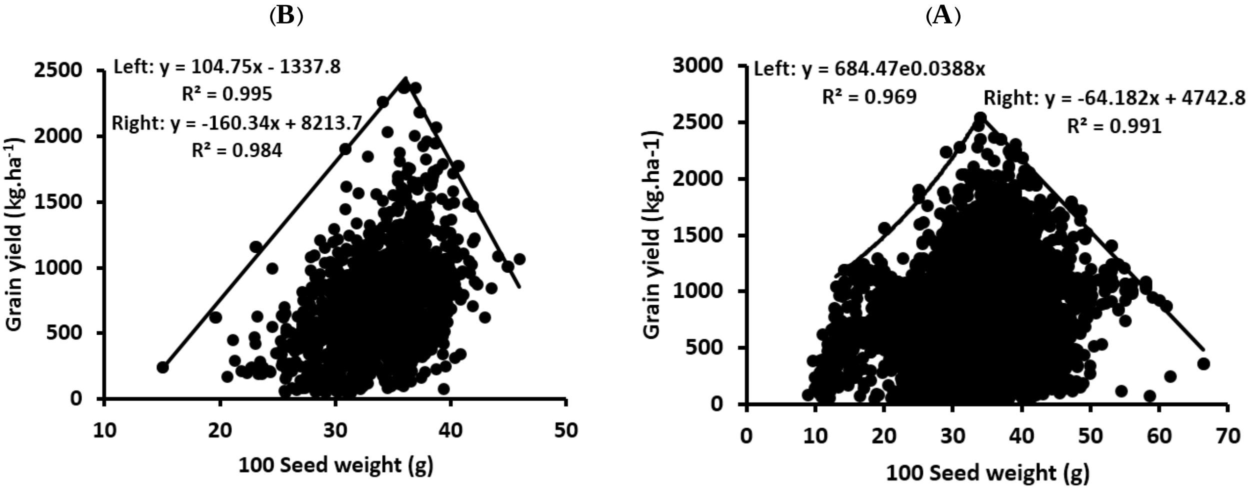
متوسط وزن۱۰۰دانه ارقام معرفی‌شده آنا، سارال، سعید و ثمین برای مناطق سرد به‌ترتیب ۳۵، ۲۷/۵ ، ۳۵ و ۳۶ گرم می‌باشد (Kanouni *et al*., 2013; Saeed *et al*., 2017; Sabaghpour *et al*., 2017) که در مقایسه با حد مطلوب وزن۱۰۰دانه، اختلاف ۲/۵ گرمی (متوسط ۰/۸ گرم) را نشان می‌دهد که این اختلاف تنها به دلیل تفاوت وزن۱۰۰دانه رقم سارال با حد بهینه توصیه‌شده توسط بانک اطلاعاتی ۲۰ساله می‌باشد، زیرا که وزن۱۰۰دانه سه رقم آنا، سعید و ثمین دقیقاً مشابه با حد بهینه توصیه‌شده توسط بانک اطلاعاتی است و این نشان از دقت بالای روش خطوط مرزی در تعیین حد بهینه صفات گیاهی برای نخود دیم می‌باشد.



شکل ۱- نمودار پراکنش عملکرد دانه و ارتفاع گیاه نخود دیم در بانک اطلاعاتی خام (A) و میانگین‌گیری‌شده (B) در مناطق سرد ایران
Fig. 1. Scatter diagrams of grain yield and plant height of dryland chickpea in data bank (A) and averaging data (B) under cold winter areas of Iran

بررسی دقیق خطوط مرزی صفت وزن۱۰۰دانـه در بانـک اطلاعاتی نشان می‌دهد که با افزایش ایـن صـفت از حـد بهینـه (۳۵ گرم) به‌دست‌آمـده، در هـر دو روش داده خـام و میـانگین گیری‌شده از بانک اطلاعاتی، عملکرد به صـورت خطـی کـاهش می‌یابد. این کاهش برای داده‌های خام از ۳۵ تا ۶۸ گرم و بـرای داده‌های میانگین‌گیری‌شده از ۳۵ تا ۴۷ گرم مـی‌باشـد (شـکل A۲ و B). به نظر می‌رسد این امر بیشتر به دلیل کاهش تحمل گیاه در مقابل تـنش سـرما در کشـت‌هـای پـاییزه اسـت، زیـرا بررسی‌ها نشان می‌دهد وزن۱۰۰دانه نخود با تحمل بـه سـرمای آن رابطـه عکـس دارد (Yadav *et al*., 2007; Kanouni *et al*., 2009). Sadeghzadeh-Ahari (2016b) گـزارش نمـود که ارقام دارای بذور درشت‌تـر (وزن۱۰۰دانـه بیشـتر) در برابـر تنش خشکی نیز حساس‌تر هستند، زیرا که ژنوتیپ‌هـای دارای بذور ریز بیشترین میزان جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشـه-چه، شـاخص بنیـه بـذر و شـاخص بنیـه طـولی گیاهچـه را در مقایسه با بـذور درشـت داشـتند. بنـابراین ژنوتیـپ‌هـای دارای وزن۱۰۰دانه بالاتر به دلیل آسیب‌پذیری بیشتر در مقابل تنش-های محیطی مانند سـرما و خشـکی (تـنش آبـی) در جمعیـت اصلاحی نخود هرگز به عنوان ارقام امیـدبخش و کاندیـد بـرای معرفی انتخاب نمی‌شوند.

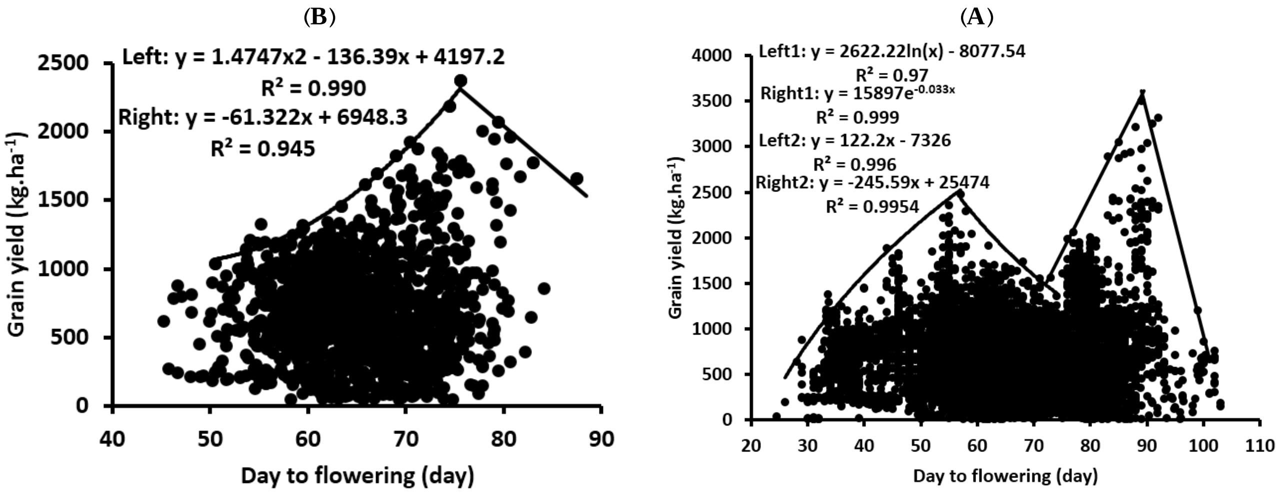
بر خلاف سایر صفات زراعی، تعداد روز تا گلدهی و تعـداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گیاه نخود در منـاطق سردسـیر در بانک اطلاعاتی خام به جای یک نقطـه مـاکزیمم (حـد بهینـه)، دارای دو نقطه ماکزیمم مـی‌باشـد و علـت آن تلفیـق داده‌هـای مربـوط بـه کشـت‌هـای بهـاره و پـاییزه در بانـک اطلاعـاتی تجمیع‌شده در بلندمدت مـی‌باشـد (شـکل A۳ و A۴). مطـابق این بانک اطلاعاتی، صفت تعداد روز تا گلدهی در ژنوتیـپ‌هـای مورد بررسی نخود دیم از ۲۵ تا ۱۰۳ روز مشاهده می‌شود. حـد بهینه تعداد روز تا گلدهی بـرای کشـت‌هـای بهـاره ۵۶/۲ روز و برای کشت‌های پاییزه ۸۹/۲ روز با داده‌هـای خـام تعیـین شـد (شکل A۳). معمولاً کشت‌های بهاری در منـاطق سـرد و نیمـه سرد به طور میانگین از ۱۵ فروردین شروع و کشت‌های پاییزی از اولین بارندگی مؤثر (۲۰-۱۵ میلی‌متر) لحاظ می‌شود. این در حالی است که حد بهینه تعداد روز تا گلدهی نخود دیم در ایـن مناطق در بانک اطلاعاتی میانگین‌گیری‌شـده ۷۵/۶ روز تعیـین گردید (شکل B۳). ایـن عـدد ۲/۹ روز از میـانگین (۷۲/۷ روز) مربوطه به دو حد بهینه کشت‌های بهاری و پاییزی برای تعـداد روز تا گلدهی در بانـک اطلاعـاتی خـام تفـاوت دارد و از لحـاظ عددی تا حدودی نزدیک به آن می‌باشد (شـکل B۳). بررسـی تعداد روز تا گلدهی ارقام معرفی‌شـده نخـود دیـم بـرای کشـت پاییزه در مناطق سرد و نیمه‌سرد کشور نشان می‌دهـد متوسـط این صفت برای ارقام آنا، سارال و سعید که در آن گیاه فعـالیتی ندارد، به‌ترتیب ۷۷، ۱۱۲ و ۱۰۰ روز مـی‌باشـد (Kanouni *et al*., 2013; Saeed *et al*., 2017) کـه در مقایسـه بـا حـد مطلوب تعداد روز تا گلدهی برای ارقام پاییزه بـه طـور متوسـط ۷/۱ روز (۱۲/۲ الی۲۲/۸ روز) اختلاف دارد.



شکل ۲- نمودار پراکنش عملکرد دانه و وزن۱۰۰دانه نخود دیم در بانک اطلاعاتی خام (A) و میانگین‌گیری‌شده (B) در مناطق سرد ایران

Fig. 2. Scatter diagrams of grain yield and 100 seed weight of dryland chickpea in data bank (A) and averaging data (B) under cold winter areas of Iran

حدود بهینه تعداد روز تا گلدهی نخود دیم برای کشت های بهاره ۸۳/۸-۳۱/۹ روز با دامنه ۵۱/۹ روز و برای کشت‌های پاییزه ۹۹/۷-۶۸/۲ روز با دامنه ۳۱/۵ روز تعیین گردید. این نشان می‌دهد دامنه تعداد روز تا گلدهی در کشت‌های بهاره ۱/۶ برابر گسترده‌تر از دامنه کشت‌های پاییزه برای این صفت است. مطابق این نتایج، ژنوتیپ‌های دارای تعداد روز تا گلدهی خارج از محدوده ۸۴-۳۲ روز برای کشت‌های بهاره و ۱۰۰-۶۸ روز برای کشت‌های پاییزه قادر به تولید عملکردهای مطلوب نیستند و نمی‌توانند کاندیدا برای معرفی به عنوان رقم باشند (شکل A۳ و A۴). این حدود برای بانک اطلاعاتی میانگین‌گیری‌شده ۹۷/۰ – ۴۶/۲ روز با دامنه ۵۰/۸روز می‌باشد (شکل B۳) که کاملاً متفاوت از دو دامنه به‌دست‌آمده برای کشت‌های بهاره و پاییزه از بانک اطلاعاتی خام می‌باشد. مقایسه حد و حدود بهینه به‌دست‌آمده از دو روش داده خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی نشان می‌دهد که حد و حدود تعداد روز تا گلدهی برای دو تیپ بهاره و پاییزه کاملاً متفاوت می‌باشد و حد و حدود بهینه حاصل از میانگین‌گیری با هیچ کدام از دامنه‌های یادشده مطابقت ندارد. بنابراین برای تعیین حد و حدود بهینه صفت تعداد روز تا گلدهی دو تیپ بهاره و پاییزه نمی‌توان از میانگین‌گیری بانک اطلاعاتی استفاده نمود، زیرا به‌دست‌آوردن یک حد و یا حدود بهینه برای دو تیپ کاملاً متفاوت، با واقعیات موجود در شرایط مزرعه‌ای همخوانی ندارد. نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد بین تعداد روز تا گلدهی و عملکرد دانه همبستگی منفی وجود دارد (Moosavi *et al.*, 2017; Rezaeinia *et al.*, 2017) زیرا که ارقامی از نخود دیم که فاصله زمانی جوانه‌زنی تا گلدهی آن‌ها طولانی‌تر است، با تنش خشکی انتهای فصل مواجه شده و تعداد غلاف و دانه کمتری در واحد بوته تولید می‌کنند (Moosavi *et al.*, 2017). این نتایج کاملاً با یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد، زیرا در هر دو بانک اطلاعاتی خام و میانگین‌گیری‌شده با عبور از حد بهینه تعداد روز تا گلدهی، عملکرد دانه نخود در هر دو کشت بهاره و پاییزه کاهش چشمگیری دارد. لازم به ذکر است که این شرایط در محدوده قبل از حد بهینه نیز کاملاً مشهود است (شکل ۳). مصادف‌شدن مرحله گلدهی نخود با خشکی آخر فصل و همچنین دمای حداکثر و دمای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد باعث ریزش گل‌ها، ریزش غلاف‌ها و افزایش تعداد غلاف‌های خالی می‌شود و زنده‌مانی و جوانه‌زنی گرده تحت این شرایط به شدت کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد خشکی آخر فصل، عملکرد دانه نخود را به طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط آبیاری کاهش می‌دهد، زیرا این شرایط علاوه بر کاهش زنده‌مانی گرده‌ها، باعث اختلال در عملکرد کلاله نیز می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش تعداد گل‌ها، ریزش غلاف‌ها و کاهش اندازه بذرها می‌گردد (Pang *et al.*, 2017; Dreccer *et al.*, 2018). بر این اساس سال‌های خشک و گرم منجر به کاهش تعداد بذور، طول دوره پُرشدن دانه و اندازه بذور نخود می‌شود (Pang *et al.*, 2017).

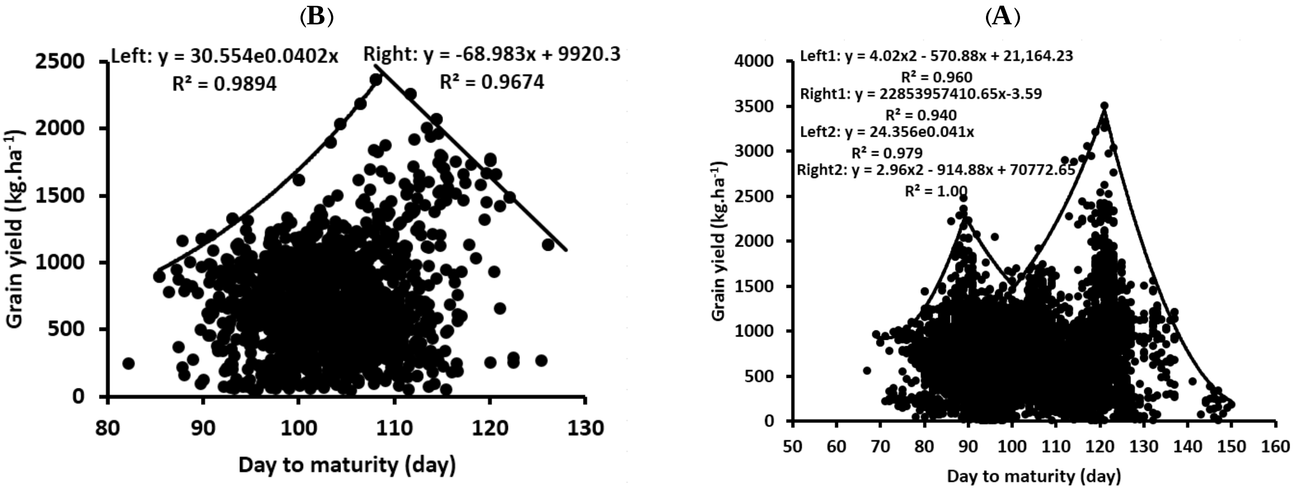


شکل ۳- نمودار پراکنش عملکرد دانه و تعداد روز تا گلدهی نخود دیم در بانک اطلاعاتی خام (A) و میانگین‌گیری‌شده (B) در مناطق سرد ایران

Fig. 3. Scatter diagrams of grain yield and day to flowering of dryland chickpea in data bank (A) and averaging data (B) under cold winter areas of Iran

داده‌های مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نخود دیم در بانک اطلاعاتی مورد بررسی از ۶۷ تا ۱۵۰ روز به ثبت رسیده است (شکل A۴). حد بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک برای کشت‌های بهاره ۸۹/۴ روز و برای کشت‌های پاییزه ۱۲۰/۸ روز با داده‌های خام تعیین شد (شکلA۴). در حالی که حد بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نخود دیم در این مناطق در روش میانگین گیری‌شده از بانک اطلاعاتی ۱۰۸/۸ روز به دست آمد (شکل B۴). این عدد ۳/۷ روز بیشتر از میانگین (۱۰۵/۱روز) مربوطه به دو حد بهینه کشت‌های بهاره و پاییزه در بانک اطلاعاتی خام می‌باشد و از لحاظ عددی تا حدودی نزدیک به آن است (شکل B۴). تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ارقام معرفی‌شده نخود دیم برای مناطق سرد کشور نشان می‌دهد که بدون احتساب طول دوره یخبندان ۱۰۰ روزه در این مناطق، متوسط این صفت برای ارقام آنا، سارال و سعید به‌ترتیب ۱۱۴، ۱۳۵ و ۱۴۳/۵روز می‌باشد (Kanouni *et al*., 2013; Saeed *et al*., 2017) که میانگین تفاوت این سه رقم با حد مطلوب تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک برای تیپ پاییزه ۱۰ روز (۶/۸ تا ۲۲/۷ روز) اختلاف دارد. حدود بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نخود دیم برای کشت‌های بهاره ۱۲۱/۱-۷۶/۱ روز با دامنه ۴۵ روز و برای کشت‌های پاییزه ۱۳۶/۹-۹۰/۶ روز با دامنه ۴۶/۳ روز تعیین گردید. این موضوع نشان می‌دهد اگرچه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در دو تاریخ کشت بهاره و پاییزه کاملاً متفاوت می‌باشند، اما دامنه آن‌ها تا حدودی مشابه (حدود ۴۵ روز) است. مطابق این نتایج ژنوتیپ‌های دارای تعداد روز تا گلدهی خارج از ۱۲۰-۷۵ روز برای کشت‌های بهاره و ۱۳۵-۹۰ روز برای کشت‌های پاییزه نمی‌توانند عملکردهای مطلوبی را تولید نمایند و به عنوان کاندیدا برای معرفی به عنوان رقم باشند (شکل A۳ و A۴). حدود بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک برای بانک اطلاعاتی میانگین‌گیری‌شده ۱۲۹/۰ – ۸۶/۸ روز با دامنه ۴۲/۲ روز تعیین گردید (شکل B۳). این دامنه، اگرچه اندکی کوچک تر از دامنه به‌دست‌آمده برای کشت‌های بهاره و پاییزه در بانک اطلاعاتی خام می‌باشد، اما تفاوت محسوسی با آن‌ها ندارد. همانند صفت تعداد روز تا گلدهی، مقایسه حد و حدود بهینه به‌دست‌آمده از دو روش داده خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی نشان می‌دهد که حد و حدود بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک برای دو تیپ بهاره و پاییزه کاملاً متفاوت می‌باشد و برای تعیین آن‌ها نمی‌توان از روش میانگین‌گیری بانک اطلاعاتی استفاده نمود. زیرا معرفی یک عدد برای حد و یا حدود بهینه از طریق میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی به عنوان معیاری برای هر دو تیپ کاملاً متفاوت پاییزه و بهاره نخود دیم، با واقعیات موجود این گیاه در شرایط مزرعه‌ای همخوانی نخواهد داشت. این امر کارآیی پایین روش میانگین‌گیری را در مقایسه با روش خطوط مرزی در تعیین دامنه بهینه صفات و عدم توانایی تفکیک تیپ پاییزه و بهاره نخود دیم را از یکدیگر نشان می‌دهد (شکل B۳ و B۴). همانند صفت تعداد روز تا گلدهی، بین تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد دانه نیز

همبستگی منفی و معنی‌داری در شرایط تنش خشکی گزارش شده است. معلوم شده است که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی، رشد خود را تسریع نموده و زودتر به مرحله زایشی برسند، بر اساس مکانیزم فرار از تنش عملکرد بالایی را تولید خواهند کرد (Moosavi *et al.*, 2017). نتایج به‌دست‌آمده از هر دو بانک اطلاعاتی در پژوهش حاضر، این موضوع را به وضوح نشان می‌دهد که با عبور از حد بهینه تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه نخود دیم در هر دو تیپ بهاره و پاییزه به شدت کاهش می‌یابد (شکل ۴). نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد طول دوره رویشی نخود تأثیر مستقیم مثبت و بالایی روی عملکرد دانه این گیاه دارد، در حالی که دوره پُرشدن دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک اثر مستقیم منفی روی عملکرد دارد (Mansourifar *et al.*, 2012).



شکل ۴- نمودار پراکنش عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نخود دیم در بانک اطلاعاتی خام (A) و میانگین‌گیری‌شده (B) در مناطق سرد ایران

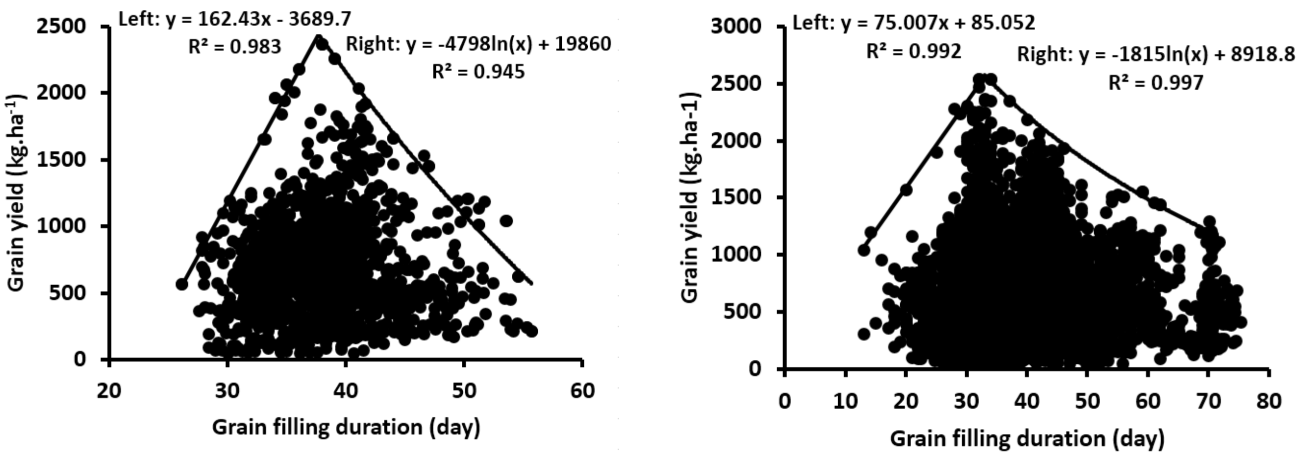
Fig. 4. Scatter diagrams of grain yield and date to physiological maturity of dryland chickpea in data bank (A) and averaging data (B) under cold winter areas of Iran

دامنه تغییرات ثبت‌شده برای صفت طول دوره پُرشدن دانه نخود دیم در بانک اطلاعاتی، ۱۳ تا ۷۵/۳ روز بود (شکلA۵). در این دامنه، حد بهینه طول دوره پُرشدن دانه با داده‌های خام و میانگین‌گیری‌شده از بانک اطلاعاتی به‌ترتیب ۳۳/۱ و ۳۷/۷ روز (میانگین ۳۵/۴ روز) تعیین گردید که اعداد به‌دست‌آمده از این دو روش ۴/۶ روز تفاوت داشتند. حدود بهینه طول دوره پرشدن دانه در این روش‌ها به‌ترتیب ۵۹/۸-۱۸/۸ و ۴۵/۹-۳۱/۹ روز بود که همانند صفت ارتفاع بوته و وزن۱۰۰دانه، دامنه به‌دست‌آمده برای طول دوره پرشدن دانه در داده‌های خام گسترده‌تر (۳ برابر) از داده‌های میانگین گیری‌شده از بانک اطلاعاتی است (شکل A۵ و B). طول دوره پُرشدن دانه در ارقام معرفی‌شده آنا، سارال و سعید برای مناطق سرد به‌ترتیب ۳۷، ۳۱/۱ و ۳۵ روز می‌باشد (Kanouni *et al.*, 2013; Saeed *et al.*, 2017). این نتایج نشان می‌دهد طول دوره پُرشدن دانه در دو رقم آنا و سعید نزدیک به حد بهینه به‌دست‌آمده از طریق میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی و طول دوره پُرشدن دانه رقم سارال نزدیک به حد بهینه به‌دست‌آمده از داده‌های خام می‌باشد (شکل A۵ و B).

با توجه به این‌که بانک اطلاعاتی مورد بررسی مربوط به شرایط دیم در مناطق سرد کشور بوده و در این مناطق، اغلب گیاهان زراعی با تنش خشکی در اواخر دوره رشد مواجه هستند و از سوی دیگر، کاهش طول دوره پُرشدن دانه منجر به تجمع کمتر مواد پرورده و کاهش وزن نهایی و افت شدید عملکرد در این مناطق می‌شود، لذا به نظر می‌رسد با توجه به شرایط محیطی حاکم (تنش خشکی آخر فصل) دامنه محدود برای حدود بهینه طول پُرشدن دانه مطلوب به نظر می‌رسد و بر این اساس، حدود بین ۳۰ تا۴۰ روزه برای صفت طول دوره پُرشدن دانه در این شرایط با توجه به طول دوره پُرشدن ارقام معرفی‌شده مناسب باشد. علاوه بر این، نخود حساس به دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در اوایل مرحله پُرشدن دانه است که بر این اساس، سال‌های خشک و گرم منجر به کاهش تعداد بذور، طول دوره پُرشدن دانه، اندازه بذور و کاهش عملکرد نخود می‌شود (Dreccer *et al.*, 2018). همچنین طول دوره

پُرشدن دانه تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. با افزایش شدت تنش خشکی میزان، سهم و کارآیی انتقال مجدد و سرعت پُرشدن دانه افزایش می‌یابد ولی با طولانی‌شدن بیش از حد دوره پُرشدن دانه، وزن نهایی دانه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. در شرایط بدون تنش خشکی، گیاه از طول دوره رشد بالاتری برخوردار است و تجمع مواد پرورده در آن بیشتر بوده که در نهایت باعث افزایش طول دوره پُرشدن دانه، وزن نهایی دانه و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود (Mansourifar *et al*., 2012).

(B) (A)



شکل ۵- نمودار پراکنش عملکرد دانه و طول دوره پُرشدن دانه نخود دیم در بانک اطلاعاتی خام (A) و میانگین‌گیری‌شده (B) در مناطق سرد ایران

Fig. 5. Scatter diagrams of grain yield and grain filling duration of dryland chickpea in data bank (A) and averaging data (B) under cold winter areas of Iran

مقایسه حد بهینه صفات گیاهی به‌دست‌آمده از دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری‌شده از جامعه دارای عملکرد بالا نشان داد که تفاوت در دو روش برای صفات وزن۱۰۰دانه و ارتفاع گیاه کم بوده و برآورد هر دو روش بسیار نزدیک به هم می‌باشد، اما در صفات تعداد روز تا گلدهی به ویژه برای کشت های پاییزه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوزیک در کشت بهاره، برآورد دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری تفاوت دارد. همچنین حدود بهینه تعیین‌شده برای صفات در هر دو روش کاملاً متفاوت می‌باشد (جدول ۱). یکی از مزایای استفاده از خطوط مرزی توجه به روند تغییرات واقعی داده‌ها در بانک اطلاعاتی است، لذا حد و حدود بهینه تعیین‌شده با استفاده از این روش دقیق‌تر و واقعی‌تر از روش میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی است و بیشتر با حد بهینه ارقام معرفی‌شده منطبق است (Feiziasl *et al*., 2010).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جامعه دارای عملکرد بالا نشان داد که صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به صورت مثبت در مؤلفه اول با توجیه ۴۲ درصد از تغییرات بانک اطلاعاتی و دو صفت طول دوره پُرشدن دانه (در جهت مخالف با عملکرد دانه) و ارتفاع گیاه (هم‌جهت با عملکرد دانه) در مؤلفه دوم با توجیه ۲۳درصد تغییرات قرار گرفتند. وزن۱۰۰دانه با حدود ۱۵ درصد توجیه تغییرات، مستقلاً در مؤلفه سوم قرار گرفت و ارزش ویژه آن هم جهت با عملکرد دانه بود، اما به دلیل پایین‌بودن مقدار ارزش ویژه[1] آن (کمتر از یک) این مؤلفه از لحاظ آماری قابل انتخاب نیست (جدول ۲ و شکل A۶). این امر نشان می‌دهد که وزن۱۰۰دانه نخود دیم تنها اعتبار تجاری و بازارپسندی دارد و عاملی نیست که اصلاحگران نخود دیم بتوانند از آن به عنوان صفت اصلی در گزینش ارقام استفاده نمایند. همچنین نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جامعه دارای عملکرد بالا مشخص نمود که اصلاحگران نخود دیم باید به‌ترتیب از دو صفت تعداد روز تا گلدهی (بیشترین همبستگی با عملکرد دانه) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و در مرتبه دوم از ارتفاع گیاه همراه با عملکرد دانه برای انتخاب ارقام نخود مناسب در شرایط دیم استفاده نمایند (شکل A۶). در جامعه دارای عملکرد پایین، سه صفت ارتفاع گیاه، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه در جهت هم

1. Eigenvalue

(مثبت) با توجیه ۳۵ درصد از تغییرات این جامعه در مؤلفه اول قرار گرفتند. دو صفت تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در جهت مخالف با عملکرد دانه با توجیه ۲۸ درصد از تغییرات در مؤلفه دوم و صفت طول پُرشدن دانه با حدود ۲۰ درصد از تغییرات و هم‌جهت با عملکرد دانه مستقلاً در مؤلفه سوم قرار گرفت (جدول ۲ و شکل B6). با توجه به اینکه اصلاحگران نبات تمایلی به انتخاب ارقام با عملکردهای پایین به عنوان رقم ندارند، لذا بحث بیشتر در خصوص این جامعه چندان مفید واقع نمی‌شود.

جدول ۱- حد و حدود بهینه تعدادی از صفات گیاهی نخود دیم با استفاده از روش میانگین‌گیری و خطوط مرزی

Table 1. Optimal levels of chickpea agronomic characteristics using averaging and boundary lines methods

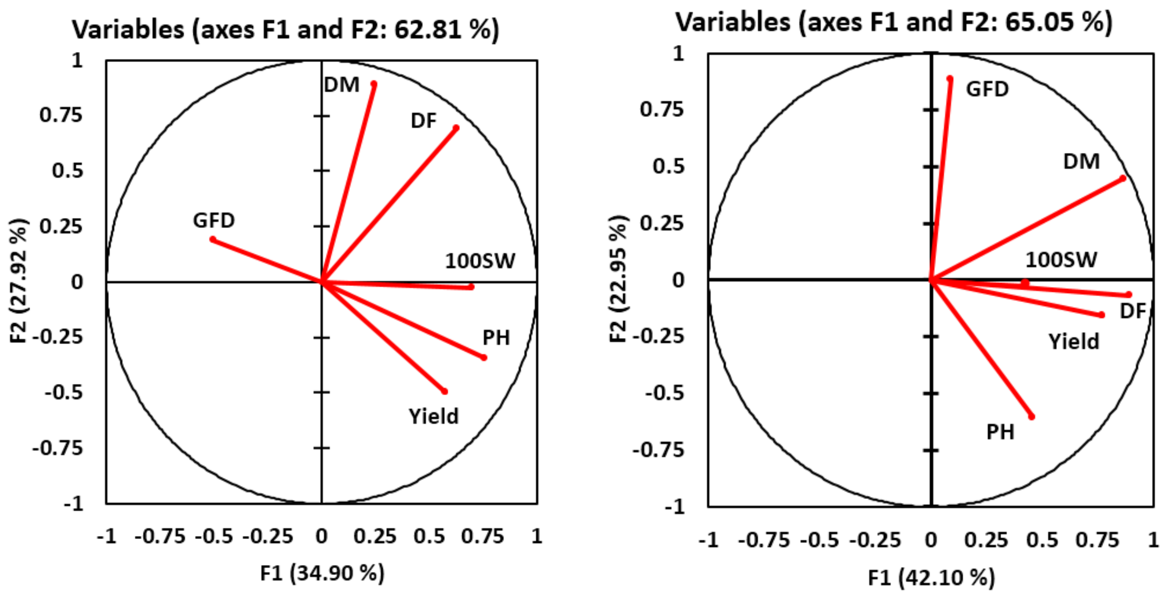
Traits	صفات	روش میانگین‌گیری **Averaging method**		روش میانگین‌گیری **Averaging method**		روش خط مرزی **Boundary line method**		اختلاف حد بهینه دو روش **Optimal difference of two methods**
		حد بهینه **Optimum level**	انحراف معیار **S.D.**	ضریب تغییرات **C.V.%**	حدود بهینه **Optimum levels**	حد بهینه **Optimum level**	حدود بهینه **Optimum levels**	
Date to flowering (day)	تعداد روز تا گلدهی (روز)	66.8	10.6 and 22.4	21.9-83.8 68.2-99.7	56.2 and 89.2	60.3-73.3	9.8	6.5
Date to maturity (day)	تعداد روز تا رسیدگی (روز)	105.6	16.2 and 7.1	76.1-121.1 90.6-136.9	89.4 and 120.8	98.5-112.7	6.8	7.1
Grain filling duration (day)	طول دوره پُرشدن دانه (روز)	38.8	6.7	18.8-59.8	32.1	34.7-42.9	10.6	4.1
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	26.7	3.1	20.2-41.1	29.8	25.0-28.4	6.4	1.7
100 Seed weight (g)	وزن۱۰۰دانه (گرم)	35.7	1.7	20.1-50.5	34.0	32.5-38.9	8.9	3.2

جدول ۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و مقادیر ویژه و درصدهای واریانس عامل‌های مشترک در دو جامعه دارای عملکرد بالا و پایین نخود دیم

Table 2. Principal component analysis and eigenvalue and variability of dryland chickpea genotypes in high and low yielding groups

Traits	صفات	High yield عملکرد بالا			Low yield عملکرد پایین		
		عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor
Date to flowering	تعداد روز تا گلدهی	**0.788**	-0.005	-0.005	0.394	**0.483**	-0.104
Date to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	**0.747**	0.200	-0.007	0.061	**0.794**	0.123
Grain filling duration	طول دوره پُرشدن دانه	0.008	**0.783**	-0.001	-0.254	0.036	**0.699**
Plant height	ارتفاع گیاه	0.207	**-0.365**	-0.004	**0.571**	-0.116	0.018
100 Seed weight	وزن۱۰۰دانه	0.182	-0.001	**0.801**	**0.484**	-0.001	0.092
Grain yield	عملکرد دانه	**0.594**	-0.025	-0.078	**0.330**	-0.245	0.153
Eigen values	مقادیر ویژه	2.5	1.4	0.9	2.1	1.7	1.2
Variability (%)	تغییرات (درصد)	42.1	23.0	14.9	34.9	27.9	19.8

(B) (A)



شکل ۶- بای‌پلات عملکرد دانه و صفات زراعی نخود دیم در جامعه دارای عملکرد بالا (الف) و پایین (ب)

Fig. 6. Biplot of grain yield and crop properties of dryland chickpea in high (a) and low (b) yielding group

DM: Date to maturity; DF; Date to heading; GFD: grain filling duration; 100SW: 100 Seed weight; PH: Plant height; Yield: Grain yield

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در برخی صفات مانند وزن۱۰۰دانه و ارتفاع گیاه تعیین حد بهینه با استفاده از خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا بسیار نزدیک به هم بود، اما در سایر صفات و همچنین حدود بهینه تفاوت زیادی در براوردهای دو روش مشاهده شد. با توجه به این‌که روش خطوط مرزی روند پراکنش داده و داده‌های گم‌شده را در بانک اطلاعاتی لحاظ می‌کند و از سوی دیگر حد بهینه تعیین شده از این طریق بسیار نزدیک به ویژگی‌های ارقام نخود دیم معرفی‌شده برای مناطق سرد بود، لذا براوردهای آن در حد و حدود بهینه صفات دقیق‌تر و واقعی‌تر از روش میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا است و استفاده از این روش برای تعیین دقیق حد و حدود صفات به اصلاحگران نخود دیم توصیه می‌شود.

منابع

1. Amini, Z., Parsa, M., Nasiri Mahalati, M., and Banayan Aval, M. 2017. Effect of defoliation on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different amount of nitrogen fertilizer and irrigation regimes. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 9-21. (In Persian with English Summary).
2. Banik, M., Deore, G.N., Mandal, A.K., and Shah, P. 2017. Selection of yield contributing traits in chickpea genotypes by correlation and path analysis studies. The Pharma Innovation Journal 6(11): 402-405.
3. Dreccer, M., Fainges, J., Whish, J., Francis, C.O., and Sadras, V.O. 2018. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. Agricultural and Forest Meteorology 248: 275-294.
4. Ebrahimi, M., Bihamta, M., Hosseinzadeh, A., Khial Parast, F., and Golbashy, M. 2016. Evaluation of yield and yield components and some agronomic traits of white bean genotypes under Karaj climate. Agroecology 2(1): 129-135.
5. Farnia, A., and Moradi, S. 2015. Study of the rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to planting dates in Kermanshah conditions. Journal of Applied Research of Ecophysiology 2(1): 47-64. (In Persian with English Summary).

6. Feiziasl, V., Alizadeh, K., Ansari, Y., Mousavi, B., and Ahmadpour Chenar, M. 2003. Application of crop properties balance index in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs for cold dryland conditions. Seed and Plant Improvement Journal 19(2): 121-136.
7. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Amri, A., Ansari, Y., Mousavi, S.B., and Ahmadpour Chenar, M. 2010. Analysis of yield stability of wheat genotypes using new Crop Properties Balance Index (CPBI) method. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38(1): 223-228.
8. Kanouni, H. 2003. Study of seed yield and some associated characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions of Kurdistan. Iranian Journal of Crop Science 5(2):146-155. (In Persian with English Summary).
9. Kanouni, H., Farayedi, Y., Sabaghpour, S., Sadeghzadeh- Ahari, D., Shahab, M., Kamel, M., Saeid, A., Mahmoodi, A., Pezeshkpour, P., Norollahi, K., Hasanpour- Hosni, M., Mahdie, M., Bahrami Kamangir, S., Mahmoodi, F., Nemati-Fard, M., and Ghasemi, M. 2013. Saral, new chickpea variety to expand autumn sowing in highland cold areas of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2(4): 265-276. (In Persian with English Summary).
10. Kanouni, H., Khalily, M., and Malhotra, R.S. 2009. Assessment of cold tolerance of chickpea at rainfed highlands of Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 5(2): 250-254.
11. Khodashenas, A.R., Sadeghzadeh-Ahari, D., Dadmand, M., and Abbaszadeh, M. 2017. Assessment of planting date and seed density impact on yield and yield components of dryland chickpea genotypes in Mashhad condition. Iranian Journal of Pulses Research 10(1): 182-194. (In Persian with English Summary).
12. Kobraee, S., Shamsi, K., and Rasekhi, B. 2010. Investigation of correlation analysis and relation between grain yield and other quantitative traits in chickpea. African Journal of Biotechnology 9(16): 2342-2348.
13. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Khanghah, H.Z. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary).
14. Mansourifar, C., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S. 2012. Study of grain filling in chickpea cultivars under drought stress and N fertilizer. Iranian Journal of Field Crops Research 10(3): 591-602. (In Persian with English Summary).
15. Mirzaei Heydari, M., Maleki, A., Tahmasebi, A., and Fazel, Sh. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of dryland chickpea cultivars under autumn and spring sowing in Ilam. Journal of Research in Crop Science 3(12): 41-56. (In Persian with English Summary).
16. Moosavi, S., Abdollahi, M., Kian-ersi, F., and Ahmadi-Dehrashid, D. 2017. Assessing genetic diversity and heritability of effective traits on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed condition. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 192-208. (In Persian with English Summary).
17. Nasri, R., Heidari Moghadam, A., Siadat, A., Paknejad, F., and Sadeghi Shoae, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian with English Summary).
18. Panda, D., Sen, A., Dhakre, D.S., and Mondal S. 2015. Correlation analysis of some growth, physiological parameters, yield and yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Bio-Resource, Environment and Agricultural Sciences 1(3): 90-95.
19. Pang, J., Turner, N.C., Khan, T., Du, Y.L., Xiong, J.L., Colmer, T.D., Devilla, R., Stefanova, K., and Siddique, K.H.M. 2017. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. Journal of Experimental Botany 68(8): 1973-1985.
20. Rezaeinia, M., Bihamta, M., Peyghambari, S., Abbasi, A., and Gharajedaghi, F. 2017. Genetic diversity and relationships between some agronomic traits of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under non-stress and terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 83-96. (In Persian with English Summary).
21. Rezvani Moghaddam, P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) (Cultivar ILC 3279). Iranian Journal of Agronomic Research 6(2): 315-326. (In Persian with English Summary).
22. Sabaghpour, S.H., Ferayedi, Y., Kamel, M., Mahmoodi, A.A., Mahdeyeh, M., Mahmoodi, F., Saeed, A., Kanoni, H., Pouralibaba, H.R., Khaledahmadi, M., Shabani, A., Namatifard, M., Shahab, M.R., and Karami, I. 2017. Sameen, a new drought tolerance, large seed size and high potential yield chickpea

cultivar for spring planting on cold dryland condition of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 6(2): 111-121. (In Persian with English Summery).
23. Sadeghzadeh Ahari, D. 2014. Study on genetic diversity of agronomic traits in ten Kabuli and Desi chickpea landraces from eastern Azarbaijan (Hashtrood region). In: Proceedings of the 5th Iranian Pulse Crops Symposium. May 15-16, 2014. KhorramAbad Agricultural Jahad Organization. p. 57-60. (In Persian).
24. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2016a. Evaluation of yield and its components of two promising rain fed chickpea genotypes under autumn and hidden sowing at farmer fields. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 4(2): 127-139. (In Persian with English Summary).
25. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2016b. Study on drought stress and seed size effects on germination and seedling characteristics of dryland chickpea genotypes. Iranian Dryland Agronomy Journal 5(1): 19-30. (In Persian with English Summary).
26. Saeed, A., Sabaghpour, S., Farayedi, Y., Kanouni, H., Sadeghzadeh Ahari, D., Kamel, M., Nematifard, M., Shahab, M., Mamudi, A., Shobeiri, S., Mostafayi, H., Jahangiri, A., Mahmudi, F., Mahdiyeh, M., Pezeshkpour, P., Seyedi, F., Karimizadeh, R., Armeiun, M., Abdolazimzadeh, R., Akbari Kukia, A., Azizi, A., and Seyed Mahmudian, E. 2017. Saeed, a new chickpea variety, suitable for autumn-entezari planting in template and cold regions at dryland conditions. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 6(2): 149-164. (In Persian with English Summary).
27. Sumner, M.E. 1977. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis 8(3): 269-230.
28. Walworth, J.L., Letzsch, W.S., and Sumner, M.E. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Science Society of America Journal 50:123-128.
29. Yadav, S.S., Redden, R.J., Chen, W., and Sharma, B. 2007. Chickpea Breeding and Management. CAB International Publisher.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 122-136 (Research Article)

Evaluation of crop traits range of dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.) in cold areas of Iran

Sadeghzadeh-Ahari[1], D., Feiziasl[2*], V., Kanouni[3], H. & Saeid[4], A.

1. Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran; dsadeghzade@yahoo.com
2. Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
3. Associate Professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran; hh5071@yahoo.com
4. Assistant Professor, West Azarbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Uromieh, Iran; sdalisaeid@yahoo.com

Received: 5 December 2018
Accepted: 8 May 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.76502

Introduction

Pulses play an important role in human nutrition. Among the pulses, chickpea (*Cicer arietinum* L.) is the valuable food in terms of carbohydrates and protein. Chickpea with more than 8 million tons per year ranks third crop in the world. It is planting in 48 countries with more than 12.11 million hectares. The aim of any breeding program working for unpredictable and rainfed environments is to develop varieties with high and stable yields. Breeders take advantage of the selection for several traits to achieve maximum economic yield. The selection of genotypes based on indices using yield components was used by breeders for a long time. Breeders were believed that obtaining a linear function of traits or selection index could lead the selection of genotypes with better genetic values but including economic weights in this function have been expressed by many researchers. Simultaneous selection using characteristics with important and heritable economic values is more effective. Crop yield is a function of multiple interrelated variables and cannot be defined only by a single-variable equation. One of the most effective method is boundary lines that was introduced by Feiziasl *et al*, (2003 and 2010) for the first time to determine the optimum levels of plant (dryland wheat) characteristics and yield stability analysis. In this paper, “Boundary Lines” and averaging methods and PCA are used to determine optimum levels for some traits of dryland chickpea in cold areas, Iran.

Materials and Methods

More than 8000 data for each trait were collected from national and international trials conducted in Dryland Agricultural Research Institute (DARI) experimental stations in Maragheh, Kurdestan, Zanjan, Uromieh and Ardabil from 1996- 2016. The traits were days to flowering, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, 100 seed weight and grain yield. The Excel software was used to develop a scatter diagram showing the relationship between each trait with grain yield in each location. Two methods were used to determine the optimum value for a given trait. One is based on the boundary lines method where the maximum grain yield and the optimum value for the trait considered coincide with the crossing point of the two boundary lines. “Boundary Lines” method was used to determine the maximum limit for each trait. The scatter diagram is surrounded by two regression lines, one on the left and the other on the right called boundary lines. Then Maximum yield was obtained at the intersection of both boundary lines. The other approach, called averaging method, is based on subdividing the data into two groups: high and low yielding groups.

Results and Discussion

The boundary lines method determined the optimum levels for days to flowering, days to physiological maturity, grain filling duration, plant height and 100 seed weight which were 56.2 days for spring and 89.2

***Corresponding Author:** vfeiziasl@yahoo.com

days for autumn, 89.4 days for spring and 120.8 days for autumn, 33.1 days, 29.8 centimeters and 34.0 grams, respectively. By averaging of high yielding group method, optimum values for days to flowering, days to physiological maturity, duration grain filling duration, plant height and 100 seed weight characteristics were 75.6 days, 108.8 days, 37.7 days, 30.2 centimeters, and 26.0 grams, respectively. The optimum values for plant height and 100 seed weight were almost the same in both methods while for other traits optimum levels were so different. Principle component analysis (PCA) show that, the most important traits to select high yielding chickpea varieties were days to flowering, days to physiological maturity, and plant height. These methods could help breeders to determine the range of optimum value for traits determining the adaptation of genotypes to a given environment. Boundary lines method is more reliable to determine of characteristic's optimum levels in comparison with the averaging method.

Conclusion

It can be concluded that, determining the optimum levels of some dryland chickpea characteristics were closely equivalent in boundary lines and averaging methods while, for some characteristics, the estimated optimum levels by these methods were so different. Because boundary lines method is considered the data distribution process and gap data in databank, therefore, its estimations for the optimum levels of the characteristics are more accurate and reliable than the averaging of the high yielding group.

Keywords: Boundary lines, Crop traits, Optimum level, Principle component analysis (PCA)